

# OPTICAL FIBER WITH HOLDING MEMBER, SEMICONDUCTOR LASER MODULE, AND RAMAN AMPLIFIER

**Publication number:** JP2002131583

**Publication date:** 2002-05-09

**Inventor:** IRIE YUICHIRO; KIMURA TOSHIO

**Applicant:** FURUKAWA ELECTRIC CO LTD

**Classification:**

**- international:** *G02B6/42; G02B6/00; G02F1/35; H01S3/06; H01S3/30; H01S5/022; H01S5/14; H01S3/094; G02B6/42; G02B6/00; G02F1/35; H01S3/06; H01S3/30; H01S5/00; H01S3/094; (IPC1-7): G02B6/42; G02B6/00; G02F1/35; H01S3/30; H01S5/022; H01S5/14*

**- European:** H01S5/14D

**Application number:** JP20000320110 20001019

**Priority number(s):** JP20000320110 20001019

**Also published as:**



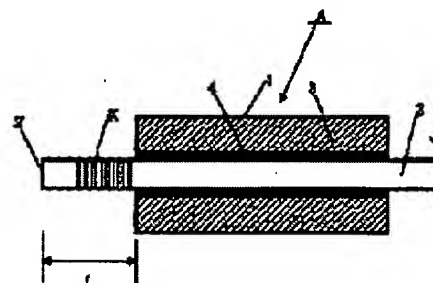
US2002085596 (A1)

CA2359301 (A1)

**Report a data error here**

## Abstract of JP2002131583

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical fiber with a holding member that can reduce fluctuation of wavelength of a laser beam caused by change in ambient temperature and also to provide a semiconductor laser module and a Raman amplifier. **SOLUTION:** In the holding member-attached optical fiber A having an optical fiber 2, which is formed at the end with a diffraction grating K for reflecting light in a prescribed band of wavelength, and having a ferrule 1 in which the optical fiber 2 is inserted and held; the part where the diffraction grating K is formed in the optical fiber 2 is characteristically protruded outside from the end of the ferrule 1.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-131583

(P2002-131583A)

(43) 公開日 平成14年5月9日 (2002.5.9)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード*(参考)
G 0 2 B 6/42		G 0 2 B 6/42	2 H 0 3 7
	6/00		3 0 6 2 H 0 3 8
G 0 2 F 1/35	5 0 1	G 0 2 F 1/35	5 0 1 2 K 0 0 2
H 0 1 S 3/30		H 0 1 S 3/30	Z 5 F 0 7 2
	5/022		5/022 5 F 0 7 3
審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 8 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2000-320110(P2000-320110)

(22) 出願日 平成12年10月19日 (2000. 10. 19)

(71) 出願人 000005290

古河電気工業株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

(72) 発明者 入江 雄一郎

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古

河電気工業株式会社内

(72) 発明者 木村 俊雄

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古

河電気工業株式会社内

(74) 代理人 100096035

弁理士 中澤 昭彦

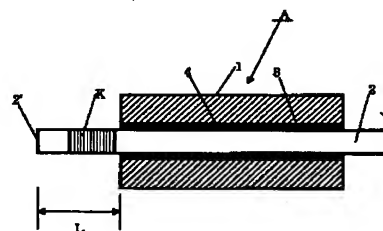
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 保持部材付光ファイバ、半導体レーザモジュール及びラマン増幅器

## (57) 【要約】

【課題】 環境温度の変化によるレーザ光の波長の変動を低減することができる保持部材付光ファイバ、半導体レーザモジュール及びラマン増幅器を提供する。

【解決手段】 所定の波長帯の光を反射する回折格子Kが端部に形成された光ファイバ2と、その光ファイバ2を内部に挿通して保持するフェルール1とを有する保持部材付光ファイバAにおいて、光ファイバ2の回折格子K形成部分を、フェルール1の端部より外側に突出させていることを特徴とするものである。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 所定の波長帯の光を反射する回折格子が端部に形成された光ファイバと、その光ファイバを内部に挿通して保持する光ファイバ保持部材とを有する保持部材付光ファイバにおいて、

前記光ファイバの回折格子形成部分を、前記光ファイバ保持部材の端部より外側に突出させていることを特徴とする保持部材付光ファイバ。

【請求項2】 前記光ファイバ保持部材の端部に、前記光ファイバの回折格子形成部分の揺れ幅を規制する揺れ幅規制部材が設けられていることを特徴とする請求項1に記載の保持部材付光ファイバ。

【請求項3】 レーザ光を出射する半導体レーザ素子と、その半導体レーザ素子の一方の端部から出射された光を入射する前記請求項1又は2に記載の保持部材付光ファイバとを有し、前記半導体レーザ素子と保持部材付光ファイバに形成された回折格子とにより、共振器を形成してなることを特徴とする半導体レーザモジュール。

【請求項4】 前記半導体レーザ素子の他方の端部から出射されたレーザ光を入射して外部に送出する光ファイバを有することを特徴とする請求項3に記載の半導体レーザモジュール。

【請求項5】 前記請求項3又は4に記載の半導体レーザモジュールと、信号光が伝送される増幅用光ファイバとを有し、前記半導体レーザモジュールから出射される励起光と前記増幅用光ファイバに伝送される信号光とを合波して前記信号光にラマン利得を与えることを特徴とするラマン増幅器。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明は、保持部材付光ファイバ、その保持部材付光ファイバを備えた半導体レーザモジュール及びその半導体レーザモジュールを備えたラマン増幅器に関し、特に、FBG (Fiber Bragg Grating: ファイバブラッググレーティング) などの回折格子が形成された光ファイバを保持する保持部材付光ファイバ、半導体レーザモジュール及びラマン増幅器に関する。

**【0002】**

【従来の技術】 光増幅器の励起光源などに用いられる半導体レーザモジュールの分野では、半導体レーザ素子の端部から出射されるレーザ光と光学的に結合される光ファイバの内部にFBGなどの回折格子を形成し、外部共振器を構成し、発振波長を回折格子で決まる波長に制御しているものが広く知られている。この種の半導体レーザモジュールは、例えば特開平8-286077号公報に開示されている。

【0003】 図6 (A) は従来の半導体レーザモジュールの構成を模式化して示す断面図、(B) はフェルールの内部構造を示す断面図である。図6 (A) に示すよう

に、従来の半導体レーザモジュールは、レーザ光を出射する半導体レーザ素子50と、半導体レーザ素子50の前側(図6 (A) では右側) 端部から出射されたレーザ光が入射され、所定の波長帯のレーザ光を反射するFBGなどの回折格子Kが形成された光ファイバ51と、半導体レーザ素子の後側(図6 (A) では左側) 端部から出射されたモニタ用のレーザ光を受光するフォトダイオード52とを有する。

【0004】 半導体レーザ素子50の前側には、半導体レーザ素子50の前側端部から出射されたレーザ光を平行にする第1レンズ(平行レンズ) 53と、当該平行になったレーザ光を集光する第2レンズ(集光レンズ) 54が設置されている。

【0005】 半導体レーザ素子50の前側端部から出射されたレーザ光は、第1レンズ53によって平行になり、第2レンズ54によって集光され、光ファイバ51に入射され外部に送出される。また、光ファイバ51の回折格子Kによってレーザ光の一部が反射され、反射された光は、第2レンズ54、第1レンズ53を介して半導体レーザ素子50に戻り、半導体レーザ素子と回折格子Kとの間で外部共振器が構成されるので、回折格子Kによって決定される波長帯でのレーザ発振が可能となる。

【0006】 一方、半導体レーザ素子50の後側から出力されたモニタ用のレーザ光は、フォトダイオード52によって受光され、フォトダイオード52の受光量等を算出することにより半導体レーザ素子50の光出力を調整する。

【0007】 従来の半導体レーザモジュールでは、ノイズスペクトルにおいて、外部共振器の長さで決まる周波数(共振器内を光が往復する時間の逆数) おきにピークがあらわれる。そのため、従来の半導体レーザモジュールでは、雑音特性(RIN (Relative Intensity Noise)) が悪くなるという問題があった。

【0008】 上記の課題は、信号光源としてはもちろんのことであるが、特にラマン増幅においても問題となるので、以下、詳細に説明する。ラマン増幅は、光ファイバに励起光を入射したときに発生する誘導ラマン散乱により、励起光波長から約100 nm程度波長側に利得が現れ、このように励起された状態の光ファイバに、上記利得を有する波長帯域の信号光を入力すると、その信号光が増幅されるという現象を利用した光信号の増幅方法である。このラマン増幅は、(1) エルビウムドープファイバのような特殊なファイバではなく、既設の光ファイバを増幅媒体として使用できる点、(2) 光ファイバに入射する励起光の波長を変えれば、任意の波長において増幅利得を得ることができ、WDM (Wavelength Demultiple Multiple: 波長分離多重) において、信号光のチャンネル数を増加できる点、を特徴としている。

【0009】 その反面、ラマン増幅は得られる利得が小

さいため、半導体レーザモジュールに対して高い光出力が要求される。また、発振波長が変動すると、利得波長帯域が変動するので、回折格子などにより波長を安定化させることが必要とされる。その際、半導体レーザ素子と回折格子との間隔をできるだけ短くして、例えば励起光のノイズ(RIN)を0~2GHz(場合によっては0~22GHz)の範囲で-130dB/Hz以下になるように小さくすることが必要とされる。

【0010】従来の半導体レーザモジュールでは、例えば図6(B)に示すように、光ファイバ51の先端部に回折格子Kを形成するとともに、光ファイバ51を保持するフェルル55の半導体レーザ素子50側の内部に回折格子Kを配置することにより、半導体レーザ素子50と回折格子Kとの間隔を短縮している。よって、この構成は、ノイズの低減という観点から見れば好ましい態様といえる。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかし、図6(B)に示すように、回折格子Kを備えた光ファイバ51は、熱膨張率の大きい接着剤又は半田56によってフェルル55の内部に固定されるので、環境温度の変化による接着剤又は半田56の熱膨張によって回折格子Kの部分に応力がかかり、それによってレーザ光の発振波長が変動する。そのため、例えば従来の半導体レーザモジュールをラマン増幅器の励起光源に用いた場合には、環境温度の変化によってラマン利得が変化し、安定した利得が得られないという課題がある。

【0012】本発明は上記課題を解決するためになされたものであり、環境温度の変化によるレーザ光の波長の変動を低減することができる保持部材付光ファイバ、半導体レーザモジュール及びラマン増幅器を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の保持部材付光ファイバは、所定の波長帯の光を反射する回折格子が端部に形成された光ファイバと、その光ファイバを内部に挿通して保持する光ファイバ保持部材とを有する保持部材付き光ファイバにおいて、前記光ファイバの回折格子形成部分を、前記光ファイバ保持部材の端部より外側に突出させていることを特徴とするものである。

【0014】前記光ファイバ保持部材の端部に、前記光ファイバの回折格子形成部分の揺れ幅を規制する揺れ幅規制部材が設けられていてもよい。

【0015】本発明の半導体レーザモジュールは、レーザ光を出射する半導体レーザ素子と、その半導体レーザ素子の一方の端部から出射された光を入射する前記保持部材付光ファイバとを有し、前記半導体レーザ素子と前記保持部材付光ファイバに形成された回折格子とにより、共振器を形成してなることを特徴とするものである。

【0016】前記半導体レーザ素子の他方の端部から出射されたレーザ光を入射して外部に送出する光ファイバを有してもよい。

【0017】本発明のラマン増幅器は、前記半導体レーザモジュールと、信号光が伝送される増幅用光ファイバとを有し、前記半導体レーザモジュールから出射される励起光と前記増幅用光ファイバに伝送される信号光とを合波して前記信号光にラマン利得を与えることを特徴とするものである。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照しながら説明する。図1は、本発明の第1の実施の形態に係る保持部材付光ファイバAを示す断面図である。

【0019】図1に示すように、第1の実施の形態に係る保持部材付光ファイバAは、光ファイバ2と、その光ファイバ2を保持する光ファイバ保持部材としてのフェルル(又はスリーブ)1とからなる。フェルル1は、例えばステンレス鋼、Fe-Co-Ni合金又はセラミック及びそれらの複合体として作られている。フェルル1の内部には光ファイバ2を挿入するための挿通孔3が形成されている。

【0020】光ファイバ2の先端部には半導体レーザ素子7(図3参照)から出射されたレーザ光のうち所定の波長帯のレーザ光を反射する回折格子Kが軸線方向に形成される。回折格子Kは、例えばフェーズマスクを介して干渉縞となった紫外光を光ファイバ2のコア部に照射することによって周期的に屈折率の変化を生じさせて形成される。

【0021】光ファイバ2の先端部には回折格子K形成後、さらに先端側で光ファイバカッタなどを用いた劈開によって端面2'が形成される。端面2'はこのように劈開によって得られる平坦面であり、通常、光ファイバ長手方向に対して垂直な面である。ただし、半導体レーザ素子7への戻り光を防止するために光ファイバ長手方向に対して斜めにカットされた面とすることが好ましい。

【0022】光ファイバ2は、フェルル1の内部に形成された挿通孔3に挿入され、接着剤又は半田4によって固定して保持される。なお、半田を用いる場合には、光ファイバ2の外周にメッキ層を形成しておく。光ファイバ2の回折格子K形成部分を含む先端部は、フェルル1の半導体レーザ素子7側の端部より外側に突出させる。フェルル1の端部と光ファイバ2の端面2'との間の突出した距離Lは、光結合の安定性の観点から3mm以下であるのが好ましい。また、光ファイバ2の半導体レーザ素子7側の端面2'は、反射防止コート(ARコート)をコーティングしているのが好ましい。

【0023】本発明の第1の実施の形態によれば、光ファイバ2の回折格子K形成部分をフェルル1の半導体

レーザ素子7側の端部より外側に突出させているので、環境温度の変化によって光ファイバ2を固定する接着剤又は半田4が熱膨張して、光ファイバ2に応力がかかっても、光ファイバ2の回折格子K形成部分にはその影響を受けることはなく、レーザ光の発振波長の変動を防止することができる。

【0024】なお、従来では、フェルール1及び光ファイバ2の先端面の端面2'を平坦になるように研磨していたが、本発明の実施の形態では光ファイバ2の端面2'を劈開によって形成し、研磨工程は不用となるので、製造時間（製造工程）を短縮できる。

【0025】図2は、本発明の第2の実施の形態に係る保持部材付光ファイバAを示す断面図である。図2に示すように、第2の実施の形態では、半導体レーザ素子7側の端部に、光ファイバ2の回折格子K形成部分の先端部の揺れ幅を規制する揺れ幅規制部材5が設けられている。揺れ幅規制部材5は金属又はセラミック及びその複合体として作られており、フェルール1の端部にYAG溶接又は半田、接着剤などにより固定される。

【0026】揺れ幅規制部材5の内壁と光ファイバ2の外周面との間には所定の隙間が形成されている。また、揺れ幅規制部材5の基端部の内壁には、揺れ幅規制部材5がずれたときに、光ファイバ2の突出部分の基端部に当接するのを防止するための切り欠き部5aが形成されていてもよい。

【0027】第2の実施の形態によれば、半導体レーザ素子7側の端部に、光ファイバ2の回折格子K形成部分の先端部の揺れ幅を規制する揺れ幅規制部材5が設けられているので、光ファイバ2の先端部の大幅な揺れがあった場合でも、安定したレーザ発振を維持することができる。

【0028】図3は、本発明の第3の実施の形態に係る半導体レーザモジュールを示す断面図である。図3に示すように、本発明の第3の実施の形態に係る半導体レーザモジュールM1は、内部を気密封止するパッケージ6と、そのパッケージ6内に設けられ、レーザ光を出射する半導体レーザ素子7と、その半導体レーザ素子7の前側（図3では右側）端部から出射されたレーザ光を入射して外部に送出し、所定の波長帯のレーザ光を反射する回折格子Kが形成された光ファイバ2及びその光ファイバ2を保持するフェルール1を備えた前記第1の実施の形態に係る保持部材付光ファイバAと、半導体レーザ素子7の後側（図3では左側）端部から出射されたモニタ用のレーザ光を受光するフォトダイオード8とを有する。なお、第1の実施の形態に係る保持部材付光ファイバAの代わりに、端部に揺れ幅規制部材5が設けられた第2の実施の形態の保持部材付光ファイバAを用いてもよい。

【0029】半導体レーザ素子7は、ヒートシンク9上に固定して取り付けられており、そのヒートシンク9は

チップキャリア10上に固定して取り付けられている。

【0030】フォトダイオード8は、フォトダイオードキャリア11に固定して取り付けられている。チップキャリア10及びフォトダイオードキャリア11は基台12に取り付けられ、その基台12の下方にはペルチェ素子からなる冷却装置13が設けられる。半導体レーザ素子7からの発熱による温度上昇はチップキャリア10上に設けられたサーミスタ14によって検出され、サーミスタ14により検出された温度が一定温度になるように、冷却装置13が制御される。これによって、半導体レーザ素子7のレーザ出力を安定化させることができる。

【0031】基台12上の半導体レーザ素子7の前側には半導体レーザ素子7から出射されたレーザ光を平行にする第1レンズ15が設置されている。第1レンズ15は、基台12上に設けられた第1のレンズホルダ16によって保持されている。

【0032】パッケージ6の側部に形成されたフランジ部6aの内部には、第1レンズ15を通過した光が入射する窓部17と、レーザ光を集光する第2レンズ18が設けられている。第2レンズ18は、フランジ部6aの端部にYAG溶接により固定された第2のレンズ保持部材19によって保持され、第2のレンズ保持部材19の端部には金属製のスライドリング31がYAGレーザ溶接により固定される。なお、スライドリング31は、第2のレンズ保持部材19の端面において、光ファイバ2の光軸と垂直な面内（XY平面）で位置調整後、両者の境界部においてYAG溶接される。

【0033】光ファイバ2はフェルール1によって保持され、そのフェルール1は、スライドリング31の内部にYAGレーザ溶接により固定されている。これにより光ファイバ2の光軸方向（Z軸方向）の位置が固定される。

【0034】半導体レーザ素子7の前側端部から出射されたレーザ光は、第1レンズ15によって平行になり、第2レンズ18によって集光され、フェルール1によって保持された光ファイバ2の端面2'に入射され外部に送出される。また、光ファイバ2の回折格子Kによってレーザ光の一部が反射され、反射された光は、第2レンズ18、第1レンズ15を介して半導体レーザ素子7に戻り、半導体レーザ素子7と回折格子Kとの間で外部共振器が構成されるので、回折格子Kによって決定される波長帯でのレーザ発振が可能となる。

【0035】一方、半導体レーザ素子7の後側端部から出射されたモニタ用のレーザ光は、フォトダイオード8によって受光され、フォトダイオード8の受光量等を算出することにより半導体レーザ素子7の光出力などを調整する。

【0036】なお、半導体レーザ素子7の前側端部から出射されるレーザ光を光ファイバ2に光結合される光学

系は、ここで述べている2レンズ系に限定されるものではなく、集光1レンズ系で構成してもよい。

【0037】第3の実施の形態によれば、回折格子K形成部分をフェルール1の端部より外側に突出させた第1の実施の形態又は第2の実施の形態に係る保持部材付光ファイバAを用いているので、環境温度の変化によってもレーザ光の発振波長の変動を防止することができ、出力されるレーザ光の波長の安定化を図ることができる。

【0038】図4は、本発明の第4の実施の形態に係る半導体レーザモジュールを示す断面図である。図4に示すように、本発明の第4の実施の形態に係る半導体レーザモジュールM2では、先端部がレンズ加工され、半導体レーザ素子7の後側（図4では左側）の端部から出射されたレーザ光を入射し、所定の波長帯のレーザ光を反射する回折格子Kが形成された第1の光ファイバ2a及び第1の光ファイバ2aを保持するフェルール1を備えた第1の実施の形態に係る保持部材付光ファイバAと、半導体レーザ素子7の前側（図4では右側）の端部から出射されたレーザ光を入射して外部に送出する第2の光ファイバ2bとを有する。なお、第1の実施の形態に係る保持部材付光ファイバAの代わりに、端部に揺れ幅規制部材5が設けられた第2の実施の形態の保持部材付光ファイバAを用いてもよい。第2の光ファイバ2bはフェルール20によって保持され、そのフェルール20は、スライドリング31の内部にYAGレーザ溶接により固定されている。

【0039】回折格子Kを備えた第1の光ファイバ2aは、半導体レーザ素子7とフォトダイオード8との間に配置されているので、半導体レーザ素子7の前側端面と第1の光ファイバ2aの回折格子Kとの間で光共振を発生させ、半導体レーザ素子7の前側端面から所定の波長のレーザ光を出射する。

【0040】また、半導体レーザ素子7と送出用の第2の光ファイバ2bとの間に、第2の光ファイバ2b側からの反射戻り光を阻止するための光アイソレータ21が設けられる。

【0041】第4の実施の形態によれば、回折格子Kを備えた第1の光ファイバ2aを半導体レーザ素子7の後側に配置し、第1の光ファイバ2aの先端に形成されたレンズを介して半導体レーザ素子7と光結合するので、半導体レーザ素子7と回折格子Kとの間隔を大幅に短縮することができ、半導体レーザ素子7から出射されるレーザ光のノイズスペクトルにおけるピークを高周波側にシフトさせることができる。

【0042】また、半導体レーザ素子7と送出用の第2の光ファイバ2bとの間に、第2の光ファイバ2b側からの反射戻り光を阻止するための光アイソレータ21を挿入することができるので、半導体レーザ素子7の動作を安定化することができる。

【0043】図5は、本発明の第5の実施の形態に係る

ラマン増幅器の構成を示すブロック図である。図5に示すように、本発明の第5の実施の形態に係るラマン増幅器22は、信号光が入力される入力部23と、信号光が出力される出力部24と、入力部23と出力部24の間で信号光を伝送する増幅用光ファイバ25と、励起光を発生させる励起光発生部26と、励起光発生部26によって発生された励起光と増幅用光ファイバ25に伝送される信号光とを合波するWDMカプラ27とを有する。入力部23とWDMカプラ27との間及び出力部24とWDMカプラ27との間には、入力部23から出力部24への方向の信号光だけを透過させる光アイソレータ28がそれぞれ設けられている。

【0044】励起光発生部26は、上記説明された本発明の第3又は第4の実施の形態に係る半導体レーザモジュールM1（M2）と、半導体レーザモジュールM1（M2）から出射されたレーザ光を同じ波長ごとに直交偏波合成する偏波合成カプラ29と、各偏波合成カプラ29の出力光を合成するWDMカプラ30とを有する。偏波合成カプラ29により直交偏波合成するのは、ラマン増幅利得に偏波依存性があるため、偏光度（Degree Of Polarization）を小さくするためである。

【0045】半導体レーザモジュールM1（M2）から出射された励起光は、偏波合成カプラ29によって同じ波長ごとに偏波合成され、各偏波合成カプラ29の出力光はWDMカプラ30によって合成され、励起光発生部26の出力光となる。

【0046】励起光発生部26で発生した励起光は、WDMカプラ27により増幅用光ファイバ25に結合され、一方、入力部23から入力された信号光は、増幅用光ファイバ25で励起光と合波されてラマン増幅され、WDMカプラ27を通過し、出力部24から出力される。

【0047】本発明の第5の実施の形態に係るラマン増幅器22は、ノイズが小さく環境温度が変化しても励起光の波長が安定している半導体レーザモジュールM1（M2）を用いているので、低雑音で環境温度が変化しても安定した所望のラマン利得を得ることができる。

【0048】本発明は、上記実施の形態に限定されることなく、特許請求の範囲に記載された技術的事項の範囲内において、種々の変更が可能である。

【0049】

【発明の効果】請求項1に係る発明によれば、光ファイバの回折格子形成部分を光ファイバ保持部材の半導体レーザ素子側の端部より外側に突出させているので、環境温度の変化によって光ファイバを固定する接着剤又は半田が熱膨張して、光ファイバに応力がかかっても、光ファイバの回折格子形成部分にはその影響を受けることなく、レーザ光の発振波長の変動を防止することができる。

【0050】請求項2に係る発明によれば、光ファイバ保持部材の端部に、光ファイバの回折格子形成部分の先端部の揺れ幅を規制する揺れ幅規制部材が設けられているので、光ファイバの先端部の大幅な揺れがあった場合でも安定したレーザ発振を維持することができる。

【0051】請求項3に係る発明によれば、回折格子形成部分を光ファイバ保持部材の端部より外側に突出させた保持部材付光ファイバを用いているので、環境温度の変化によってもレーザ光の発振波長の変動を防止することができ、出力されるレーザ光の波長の安定化を図ることができる。

【0052】請求項4に係る発明によれば、回折格子を備えた光ファイバを半導体レーザ素子の後側に配置し、光ファイバの先端に形成されたレンズを介して半導体レーザ素子と光結合するので、半導体レーザ素子と回折格子との間隔を大幅に短縮することができ、半導体レーザ素子から出射されるレーザ光のノイズスペクトルにおけるピークを高周波側にシフトさせることができる。

【0053】また、半導体レーザ素子と送出用の光ファイバとの間に、光ファイバ側からの反射戻り光を阻止するための光アイソレータを挿入することができるので、半導体レーザ素子の動作を安定化することができる。

【0054】請求項5に係る発明によれば、ノイズが小さく環境温度が変化しても励起光の波長が安定している半導体レーザモジュールを用いているので、低雑音で環境温度が変化しても安定した所望のラマン利得を得ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る保持部材付光ファイバを示す断面図である。

【図2】本発明の第2の実施の形態に係る保持部材付光ファイバを示す断面図である。

【図3】本発明の第3の実施の形態に係る半導体レーザモジュールを示す断面図である。

【図4】本発明の第4の実施の形態に係る半導体レーザモジュールを示す断面図である。

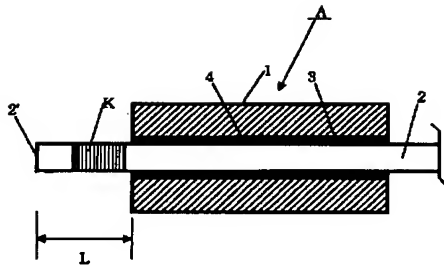
【図5】本発明の第5の実施の形態に係るラマン増幅器の構成を示すブロック図である。

【図6】(A)は従来の半導体レーザモジュールの構成を模式化して示す断面図、(B)はフェルールの内部構造を示す断面図である。

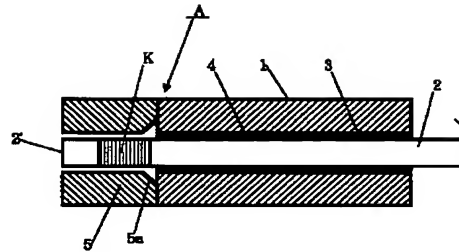
#### 【符号の説明】

A：保持部材付光ファイバ  
 K：回折格子  
 M1：半導体レーザモジュール  
 M2：半導体レーザモジュール  
 1：フェルール（光ファイバ保持部材）  
 2：光ファイバ  
 2'：端面  
 2a：第1の光ファイバ  
 2b：第2の光ファイバ  
 3：挿通孔  
 4：接着剤又は半田  
 5：揺れ幅規制部材  
 5a：切り欠き部  
 6：パッケージ  
 6a：フランジ部  
 7：半導体レーザ素子  
 8：フォトダイオード  
 9：ヒートシンク  
 10：チップキャリア  
 11：フォトダイオードキャリア  
 12：基台  
 13：冷却装置  
 14：サーミスタ  
 15：第1レンズ  
 16：第1のレンズホルダ  
 17：窓部  
 18：第2レンズ  
 19：第2のレンズホルダ  
 20：フェルール  
 21：光アイソレータ  
 22：ラマン増幅器  
 23：入力部  
 24：出力部  
 25：増幅用光ファイバ  
 26：励起光発生部  
 27：WDMカプラ  
 28：光アイソレータ  
 29：偏波合成カプラ  
 30：WDMカプラ  
 31：スライドリング

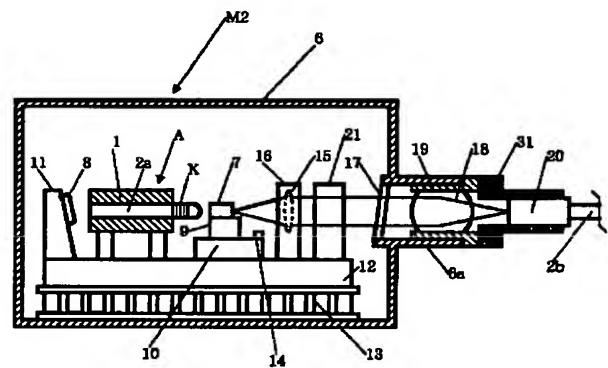
【図 1】



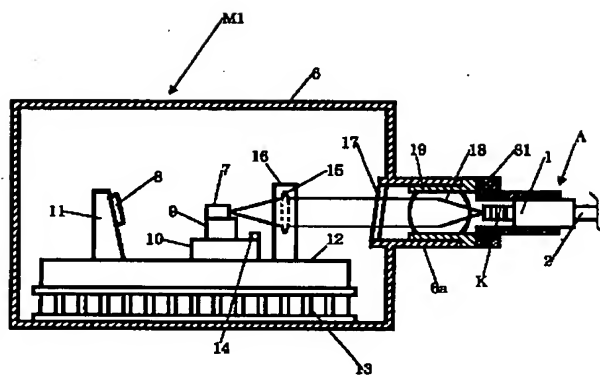
【図 2】



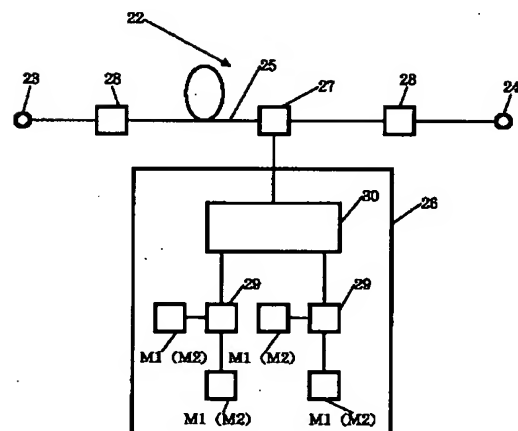
【図 4】



【図 3】

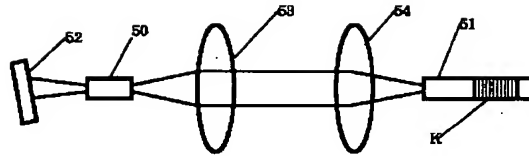


【図 5】

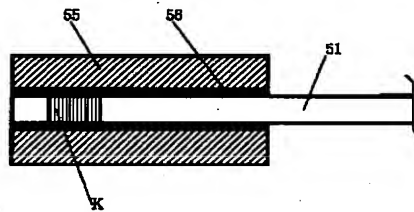




【図6】



(A)



(B)

フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7  
H 0 1 S 5/14

識別記号

F I  
H 0 1 S 5/14

タームコード (参考)

F ターム (参考) 2H037 AA01 BA03 CA01 DA03 DA04  
DA05 DA06  
2H038 BA25  
2K002 AA02 AB09 CA15 DA10 GA05  
HA23  
5F072 AB07 AK06 KK30 PP07 QQ07  
YY17  
5F073 AA65 AA67 AB21 AB27 AB28  
AB30 BA09 FA02 FA07 FA25  
GA12 GA23